



TITLE:

HYDROGRAPH-SEPARATION-BASED NON-
POINT SOURCE POLLUTION MODELLING IN
THE PINGQIAO RIVER BASIN, CHINA(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Xue, Han

CITATION:

Xue, Han. HYDROGRAPH-SEPARATION-BASED NON-POINT SOURCE POLLUTION
MODELLING IN THE PINGQIAO RIVER BASIN, CHINA. 京都大学, 2017, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20341>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	薛 寒 (XUE Han)
論文題目	HYDROGRAPH-SEPARATION-BASED NON-POINT SOURCE POLLUTION MODELLING IN THE PINGQIAO RIVER BASIN, CHINA（中国平橋川流域を対象にした流出ハイドログラフ成分分離法による非点源汚染モデリングの研究）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、中国平橋川流域を対象に、現地観測と水文モデルによって非点源汚染物質の流出量を推定することを目的としている。分布型モデルのハイドログラフ成分分離法を応用し、河川を流れる流出量がいつ・どこに降った雨で構成されているかを推定したうえで、土地利用毎の非点源汚染濃度から汚染物質の流出量を推定しており、以下の 7 章から構成されている。</p> <p>第 1 章は序論である。中国の河川流域における水質問題とその改善策について言及するとともに、非点源汚染物質の流出予測に関する研究成果をレビューし、本研究の目的を明確にしている。</p> <p>第 2 章は研究対象地域の概要と実施した水質観測を説明している。対象とする平橋川流域（22.3 km²）の地理・気象条件を説明したうえで、同河川が流出する天目湖及び太湖の水質問題を論じている。また平橋川流域で実施した水質観測の対象項目や条件を解説するとともに、河川の流下方向に沿って窒素やリンの濃度がどのように変化しているかを、降雨時・無降雨時に分けて観測結果に基づいて説明している。</p> <p>第 3 章はモデル化手法を論じている。本研究では、水文流出モデルとして Rainfall-Runoff-Inundation Model（RRI モデル）を採用し、ハイドログラフの成分分離法として Time-Space Accounting Scheme（T-SAS 法）を採用している。また RRI モデルと T-SAS 法を非点源汚染の流出推定に適用する新たな方法として、土地利用毎の流出原濃度を観測によって推定する方法と、多地点の河川水濃度から逆推定する方法を提案している。</p> <p>第 4 章は RRI モデルと T-SAS 法の検証を目的として、滋賀県の桐生水文試験地を対象にした手法の適用例を示している。詳細な水文・水質観測に基づいてハイドログラフを成分分離した既往研究の結果と、本論で適用する手法（RRI モデルと T-SAS 法）による成分分離との結果を比較し、用いる手法の適用性と課題を論じている。</p> <p>第 5 章は中国平橋川流域を対象に、出水時の窒素・リンの流出量を推定した結果を示している。本章では河川の縦断方向に多地点で観測された水質濃度の結果をもとに、土地利用毎の流出原濃度を逆推定している。その推定結果を、各土地利用の流出を代表する観測結果と比較している。さらに出水時に着目し、どのようなタイミングで、どの土地利用区分から流出しているかを定量化し、推定した流出原濃度を掛け合わせることで、流域全体からの汚染物質の流出濃度を定量化している。</p> <p>第 6 章は上記の手法を 1 年間の長期流出に適用した結果を議論している。本章では観測した土地利用毎の流出原濃度を入力情報として、一年間の窒素・リンの流出量を推定している。土地利用毎の流出寄与率の時間変化を RRI モデルと T-SAS 法によって推定し、観測された流出原濃度を掛け合わせる方法を採用している。土地利用毎の汚染物質の流出寄与率を季節毎に推定し、その原因について考察を加えるとともに、分析結果に基づく効果的な水質対策について議論している。</p> <p>第 7 章は結論であり、本論で得られた成果を取りまとめている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本研究の成果は以下のようにまとめられる。

- (1) 中国天目湖流域の支川である平橋川流域(22.3 km²)を対象に 2014 年以降継続的に本川及び流出域の水質を観測した。全窒素や全リンの観測項目について、都市域からの流出濃度が高いこと、夏から秋にかけて全リンの流出濃度が高くなることを明らかにした。
- (2) RRI モデルを平橋川流域に適用し、モデルで計算される河川の流出量を T-SAS 法によって土地利用毎に成分分離した。これにより、都市・農地・森林を流出起源とする水がどのようなタイミングで、どのような割合で流出するかを推定できた。一方、上記の水質項目について河川の複数の断面で計測された観測濃度を用いて、土地利用毎の非点源汚染濃度を逆推定する方法を提案した。逆推定の結果、都市域、農地、森林の順で全窒素濃度が高いなど、観測の傾向を妥当に再現していることが明らかになった。また同手法で推定した結果、水質の流下方向の変化が観測結果と整合することを確認した。ここで提案された手法は、流出源の汚染濃度の計測が困難な場合に有効な方法となることが分かった。
- (3) 定期的に観測された流出源(小河川)の汚染濃度を入力とし、分布型水文モデルとハイドログラフ成分分離法によって、年間の汚染物質流出量を推定した。その結果、単位流域面積あたりの年間流出量は、全窒素が 3,543 kg/km²、全リンが 75 kg/km² と推定された。また流出した全窒素(全リン)のうち 15.3 % (29.6 %) が都市域からの流出であり、その量は都市域の面積率 5.3 %に比して大きいことが分かった。本論では推定結果に基づいて水質の改善策について議論し、都市域の下水処理が有効な対策であることを示した。
- (4) ハイドログラフ成分分離法の妥当性を検証するため、滋賀県の桐生水文試験地を対象に、流出経路に応じて計算流量を分離し、水質観測によって推定された既往のハイドログラフ分離結果と比較した。その結果、同地域の流出は出水時でも高い割合(27-60%)で地下水からの流出が寄与していること、流域面積が大きくなるほど地下水の割合が増加することなど既往研究の結果と整合性を保って再現できた。これまでの分布型モデルを用いた成分分離の研究は、その詳細な検証が課題であったが、本論で検証が行われ、本論で提案された非点源汚染の推定にも応用できることが示唆された。

以上のように、本論文は中国の河川流域を対象に、非点源汚染物質の流出量を数値シミュレーションと現地観測によって比較的簡便に推定する方法を提案するとともに、対象流域の窒素やリンの流出現象を定量的に推定した結果を示している。提案手法は、限られた水質観測の情報をもとに流域スケールの物質流出現象を推定するうえで有効な方法であり、学術上、実務上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。また、平成 29 年 1 月 23 日に、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。